

# 示温インクを用いた学習教材の開発と授業展開

—示温ペーパー「サーモン」の開発—

田中 陽一

小学校第4学年粒子領域「金属・水・空気と温度」単元に関する実験において、示温インクを用いた学習教材の改善と授業展開の工夫により、系統的・探究的な学習プログラムを開発したので、小学校理科研修講座（冬期）での実践結果とともに報告する。

[キーワード] 粒子領域 金属・水・空気と温度 示温インク 校種間連携 領域の接続

## はじめに

小学校理科第4学年粒子領域では、「金属・水・空気と温度」に関する実験がある\*<sup>1)</sup>~\*<sup>3)</sup>。ここでは、金属は熱せられた部分から順に温まるが、水や空気は熱せられた部分が移動して全体が温まることを学習する。温度変化を確認する主な教材は次の表の通りである。

表 温度変化を確認する主な教材

教科書	金属	水	空気
教育出版	ロウ	示温テープ 示温インク	温度計
東京書籍	ロウ	おがくず 示温インク	温度計
啓林館	ロウ	絵の具 示温インク	温度計
大日本 図書	ロウ	けずりぶし 示温インク	温度計
学校図書	ロウ	だしがら 示温インク	温度計

当センターで実施した、小学校理科教員対象の研修講座に参加した多くの教員が、小学校第4学年「金属・水・空気と温度」単元の指導を難しいと感じていることが分かった。表から分かるように、共通して温度変化を扱う実験にもかかわらず、それぞれの教材が異なっていることが理由の1つだと考えられる。

また、この「金属・水・空気と温度」単元について、平成10年の学習指導要領改訂までは「物質とエネルギー」領域に位置付けられていたのが、それ以降「粒子」領域に位置付けられた。それに伴い、「熱」の概念が削除され、熱エネルギーに関する中学校との接続が困難であると指摘されている。

さらに、平成27年度全国学力・学習状況調査の小学校理科「粒子」に関連する問題では、「水の温まり方について、結果を見通して実験を考察すること」、「温度の変化に伴って変わる析出する量について、グラフを基に考察して分析すること」に課題があることが同調査報告書で指摘されている。

以上のことから、化学研究班では、金属、水、空気の温まり方を1つの教材で理解を図る小学校理科カリキュラムの開発を考案した。教材については、示温インクをろ紙に染み込ませ、乾かしたものをラミネート加工する、示温ペーパー「サーモン」を開発した。この教材を使うことで、物の温まり方を視覚的に認識することができ、熱伝導や対流を児童がモデルを使って、推測することができる。カリキュラムについては、他の学年や他の校種で示温インクを活用することで、児童・生徒が理解しやすいものを開発した。本稿では研修講座での実践成果を踏まえ、示温インクを用いた学習教材の改善と授業展開の工夫について報告する。

## 1 教材開発

示温インク（サーモインク）を用いた教材開発を行った。示温インクとは、温度変化を色の変化として視覚的に捉えることができ、熱の伝わり方やものの温まり方の実験に活用できる教材である（図1）。このインクは、温度上昇により約40℃で青からピンクへ変色し、温度が下がるとピンクから青へ戻る。通常使用する時は、水250mLに対して原液10mLを混ぜて使用する。



図1 示温インク

示温インクは、感温変色性色素（低温で青、高温で無色）、蛍光顔料（ピンク）、食塩水を調合した理科実験教材である。感温変色性色素の発色消色の原理は、無色の染料と顕色剤との結合を温度でコントロールしたものであり、染料と顕色剤が低温で結合しているときには発色し、高温で分離しているときには消色する仕組みである。したがって、低温では、青とピンクの混合物であるが、ピンクが青に隠され青に、高温では、無色とピンクの混合物でピンクに見えるようになっている。なお、耐用年数については、直射日光を避けて冷暗所に保管することにより数年持続するが、光による性能劣化がある。また、一度水に溶かしたものの繰り返しの使用はメーカーでは推奨していない。

平成27年改訂の教科書では、表1の通り、全ての教科書会社で示温インクを扱っている。なお、教科書で示温インクが紹介されたのは、平成15年改訂の教科書からであり、示温インクは、比較的新しい教材といえる。

このように、示温インクは、温度変化を色の変化として視覚的に捉えることができる効果的な教材であることから、活用に広がりを見せている。しかしながら、一度水に溶かして使用した後は、繰り返しの使用をメーカーは推奨して

いないことから、別の時間に他のクラスなどで再利用することが難しく、長期保存も困難である。

そこで、示温インクの性能を維持したまま、長期保存を可能にするために、教材開発を行った。製作器具と製作手順は以下の通りである。

### 【製作器具】

示温インク、ラミネーター、ラミネートフィルム、ろ紙、ペーパータオル、パレット、刷毛、トレイ

### 【製作手順】

- ① 示温インクを水で薄めずにパレットに入れ、刷毛を使ってろ紙に塗る（図2）。



図2 示温インクをろ紙に塗る様子

- ② 示温インクを塗ったろ紙の余分な水分をペーパータオルを使って取り除く（図3）。

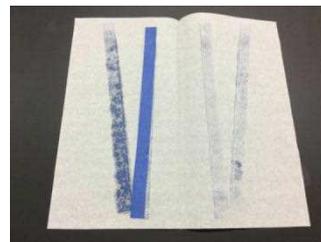


図3 ペーパータオルで水分を取る様子

- ③ ラミネートフィルムに挟む（図4）。

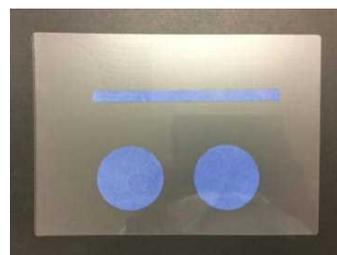


図4 示温インクを染み込ませたろ紙をラミネートフィルムで挟む様子

- ④ ラミネートする（図5）。

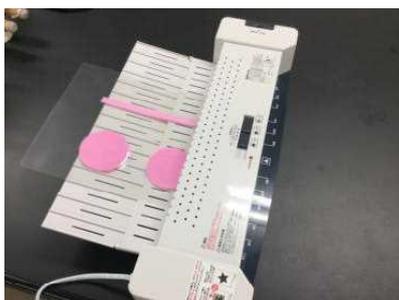


図5 ラミネーターでラミネートする様子

- ⑤ 余分なラミネートフィルムをハサミなどで切り取る（図6）。



図6 ラミネート後、余分なフィルムを切り取った様子

教材開発の工夫点としては、示温インクの水分を減らし、ラミネート加工したことである。このことにより、水による性能劣化を防ぐことができた。また、製作時間は約10分間と非常に短く、児童・生徒でも安全に作る事が可能である。さらに、示温インクは、市販のインクジェット紙にも塗ることができるため、シールタイプのインクジェット紙に塗り、乾かすことで、簡単に示温シールを製作することも可能である（図7）。



図7 インクジェット紙に示温インクを塗っている様子

## 2 授業展開の工夫

### (1) 水の温まり方（小学校第4学年）

教科書で紹介されている、示温インクを用いた水の温まり方の実験では、ビーカーの中に、水で薄めた示温インクを入れ、理科実験用ガスコンロで底を加熱し、色の変化から、水は熱せられた部分が移動して全体が温まることを学習する。この実験の問題点は、水の性質というよりは、示温インクの性質ととらえてしまう点であること、対流の様子が見えにくいこと、繰り返し検証するには時間がかかることである。

そこで、ラミネート加工した、「サーモン」を使い実験を行うことにした（図8）。



図8 ラミネート加工した示温ペーパーを水の中に入れている様子

水そのものを色付けしていないため、児童は水の性質と認識することが可能である。また、おが屑などを水の中に入れることで、対流を同時に観察することができる。また、一度実験し終えたものでもビーカー内の水を入れ替えるだけで、繰り返し実験ができる。試験管サイズに加工した「サーモン」を使うことで、試験管内の水の温まり方を確認することも可能である（図9）。



図9 試験管内の水の温まり方を確認している様子

(2) 金属の温まり方（小学校第4学年）

教科書で紹介されている、金属の温まり方の実験では、金属の表面にロウを塗り、ロウの溶け具合で熱の伝わり方を学習する内容と、市販の示温シールを金属板の表面に貼り、色の変化で熱の伝わり方を学習する内容が記載されている。この実験の問題点は、児童がロウの溶け具合や示温シールの色の変化と熱の伝わり方を関係付けにくいことである。

そこで、市販のシールタイプのインクジェット紙に示温インクを塗って乾かしたもの（示温シール）を金属板に貼り、実験を行うことにした（図10）。

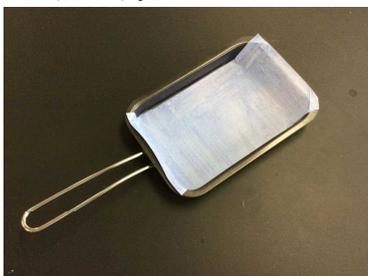


図10 金属板に貼った示温シール

示温インクの色の変化と温度変化については、水の温まり方で確認しているため、同じ教材である示温インクを使用した示温シールは、児童にとって理解がしやすいものとする（図11）。



図11 金属板に貼った示温シールを加熱している様子

冷やせば元に戻り、繰り返し使用することができる。温度変化が40℃であることを考慮すれば、加熱方法は温めた湯でもでき、安全に観察・実験を行うことができる。

(3) 空気の温まり方（小学校第4学年）

教科書で紹介されている、空気の温まり方の実験は、密閉した水槽の中に熱源となる白熱電球を入れ、水槽の中に設置した高さの異なる3本の温度計の温度変化を調べることににより、空気は熱せられた部分が移動して全体が温まることを学習する。この実験の問題点は、温度変化を測定するのに温度計を使用している点である。水や空気ですべての温度変化の扱いをしていないことから、児童の思考の流れからして、理解が難しいと考える。

そこで、ラミネート加工した示温ペーパーをペットボトルの内側に貼ることで、温度変化が分かるようにした（図12）。



図12 ペットボトルの内側にラミネート加工した、示温ペーパーを貼った様子

示温インクの色の変化と温度変化については、水や金属の温まり方で確認しているため、同じ教材である示温インクを使用した示温ペーパーは、児童にとって理解がしやすいものとする（図13）。



図13 温度変化の様子

ペットボトル内の空気を入れ替えることで、何度も繰り返し実験することが可能である。

#### (4) 燃焼の仕組み（小学校第6学年）

小学校第6学年では、燃焼の仕組みについて、植物体を空气中で燃やすと、空気の入れ替わるところでは燃えるが、入れ替わらないところでは燃えなくなってしまう現象を扱い、酸素や二酸化炭素の性質について学習する。教科書では底を切った集気円筒を教材として使用している。ここでは、既習事項として第4学年の空気の温まり方を活用することで、空気の入れ替わりについて学びを深めることが可能である。

そこで、上下4箇所穴をあけたペットボトルを使うことで、既習事項をつなげる手立てを講じることができた（図14）。

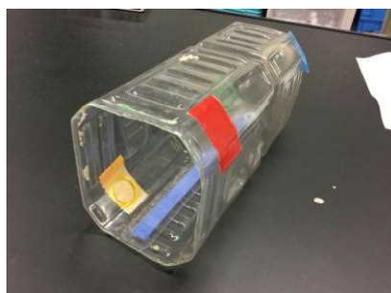


図14 穴を空けたペットボトル

このことにより、燃焼の仕組みと「金属・水・空気と温度」単元の接続を円滑に行うことができる。さらに、熱がどのように移動しているかを、ラミネートした示温ペーパーやiPadで使用する赤外線サーモグラフィを活用することで、より深い学びにつなげることができる（図15）。



図15 ラミネートした示温ペーパーを上部の出口にかざしている様子（左）、赤外線サーモグラフィで撮影した様子（右）

#### (5) 気象とその変化（中学校第2学年）

中学校第2学年では、「気象とその変化」単元の「前線の通過と天気変化」において、前線の通過によって起こる気温、湿度、気圧、風向、天気の変化などを暖気や寒気と関連付けてとらえさせるのがねらいである。その際、暖気、寒気のぶつかり合いを表すモデル実験などの方法を工夫して前線の構造についての理解を深めることが大切である。

そこで、ラミネート加工した、示温ペーパー「サーモン」を活用し、前線モデル（前線観察装置）の製作を行った。以下に製作器具と製作手順を示す。

##### 【製作器具】

示温インク、クッキングペーパー、ラミネート紙（厚さ150 $\mu$ mが望ましい）、ラミネーター、ポリスチレンボード（厚さ1cm）、アクリル両面テープ（幅1cm）

##### 【製作手順】

- ① ラミネート加工した示温ペーパーをつくる（図16）。

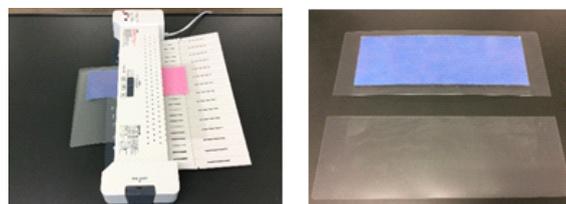


図16 ラミネート加工した示温ペーパー

- ② ポリスチレンボードを切り取り、土台としきりなどのパーツを製作する（図17）。

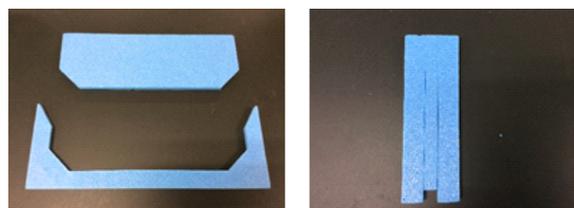


図17 切り取ったパーツ

- ③ アクリル両面テープを周囲に貼り、ラミネートした①をつける（図18）。

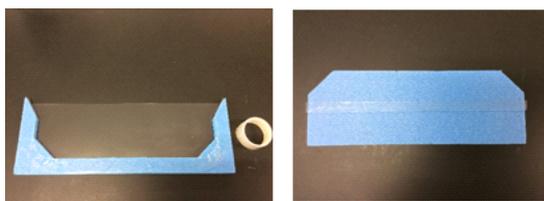


図18 アクリル両面テープを貼った様子

- ④ 張り合わせてしきりをつけ、前線モデルを完成させる（図19）。

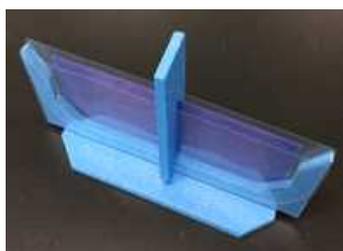


図19 完成した前線モデル

使用する時は、前線モデルの左右から温度の異なる水を入れ、しきりを外して色の変化の様子を観察する（図20）。

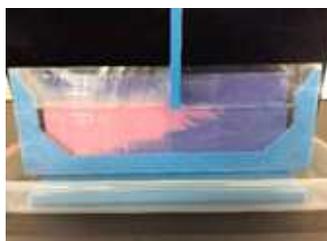


図20 色の変化の様子

この実験では、水そのものを染色しないため、何度も繰り返し検証することができる。また、左右の水の量を変えることにより、水圧で寒冷前線や温暖前線の様子を再現することが可能である。

### 3 研修講座実施時の様子

受講後アンケートの結果から、多くの受講者にとって本研修講座が分かりやすく、役立つ内容であったことが分かった。



図21 研修の様子

また、記述式アンケートの「今回の研修で学んだことや授業改善に生かしたいこと」の項目では、示温インクを活用した実験について、図22のような記述が見られたことから、今回の手立てが効果的であったととらえている。

- ・示温インクの活用について大変勉強になった。
- ・サーモンは、製作が簡単なので、ぜひ、子どもたちに作らせて授業で使いたい。
- ・空気の温まり方はこれまで実験が難しかったので、示温ペーパーを参考にしたい。
- ・中学校では、示温インクが教科書で扱われていないが、授業で使えると感じた。

図22 受講者アンケートの記載内容

### 4 授業の様子

学校現場での授業については、小学校粒子領域では、網走市立西が丘小学校の佐野正樹教諭、中学校地球領域では、釧路市立鳥取中学校の三浦健太郎教諭が実践しており、本研究紀要に掲載されているので参照していただきたい。なお、三浦教諭は、平成28年度北海道中学校理科教育研究会釧路大会にて公開授業として実践されている。

#### おわりに

今回、「金属・水・空気と温度」に関する1つの教材用いた学習展開及び、関係する他校種や他領域との接続を意図して教材を開発したが、この教材を活用することで、児童・生徒の学びが円滑になり、より深い学びへと導くことができれば嬉しく思う。今後も、科学的思考を促す教材開発に努めていきたい。

#### 参考文献

- 1) 未来をひらく 小学理科4 教育出版
- 2) わくわく理科4 啓林館
- 3) 新しい理科4 東京書籍

(たなか よういち 化学研究班)

